

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3805500 A1

(21) Aktenzeichen: P 38 05 500.7  
(22) Anmeldetag: 22. 2. 88  
(23) Offenlegungstag: 1. 9. 88

(61) Int. Cl. 4:  
**G 01 B 5/03**  
G 01 B 21/04  
// B23Q 17/20,  
G06F 15/64

**Behördeneigentum**

DE 3805500 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

23.02.87 JP P 62-40565      23.02.87 JP P 62-40566  
24.02.87 JP P 62-42149

(72) Erfinder:

Iwano, Hideo, Kawasaki, Kanagawa, JP; Kadowaki,  
Soichi, Tokio/Tokyo, JP

(71) Anmelder:

Mitutoyo Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal  
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,  
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;  
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Kinkeldey, U.,  
Dipl.-Biol. Dr.rer.nat.; Bott-Bodenhausen, M.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Ehnold, A., Dipl.-Ing.;  
Schuster, T., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 8000  
München

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Koordinatenmeßinstrument und Verfahren zum Erzeugen von die Form des zu vermessenden Werkstücks betreffenden Musterdaten

Koordinatenmeßvorrichtung zur Messung der Größe und anderer Faktoren eines Werkstücks aus der Größe der dreidimensionalen Relativbewegung zwischen einem Tastfühler und dem Werkstück, sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines Bezugswerkstücks, die bei einer automatischen Messung verwendet werden. Die Koordinatenmeßvorrichtung umfaßt einen CAD-Teil zur Umwandlung von Konstruktionsdaten in Daten eines Formmusters, einen Meßteil, zur Erzeugung von Meßinformationen durch Hinzufügen von Meßbedingungen zu den Daten des Formmusters, wobei die Meßinformationen Befehle umfassen, die das an eine Steuereinrichtung auszugebende Meßverfahren betreffen, und eine Meßverfahrens-Befehleinrichtung mit einem System zum Einstellen und Eingeben von Meßbedingungen, wodurch ein optimales Meßprogramm ohne die Notwendigkeit irgendeines Bezugswerkstücks oder eines tatsächlichen Werkstücks hergestellt werden kann. Das Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters umfaßt die Schritte Formmuster in Meßebenen zu erzeugen, indem mit Ausgangslinien überstrichen wird, und in geeigneter Weise die Formmuster in den Meßebenen zur Bildung eines dreidimensionalen Musters zu kombinieren.

DE 3805500 A1

## Patentansprüche

1. Koordinatenmeßvorrichtung, die einen Hauptteil, der eine dreidimensionale Relativbewegung zwischen einem zu vermessenden Werkstück und einem Tastfühler durchführen kann, und eine Steuereinrichtung aufweist, die den Hauptteil gemäß einem vorbestimmten Arbeitsablauf antreiben und die Form und die Größe des Werkstücks vermessen kann, indem die Größe der Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Tastfühler verwendet wird, gekennzeichnet durch  
eine Meßverfahren-Befehleinrichtung (10), die ein Koordinatenmeß-Unterstützungssystem (21) aufweist, daß aus einem CAD-Teil (22), der eine Mustererarbeitungsfunktion zur Erzeugung von Musterdaten, die der Form des Werkstücks entsprechen, durch Umwandlung von gegebenen Konstruktionsdaten aufweist, und einem Meßteil (24) besteht, um auf der Grundlage der Daten des Formmusters, die von dem CAD-Teil (22) erzeugt worden sind, und unter Berücksichtigung der Meßbedingungen Meßinformationen erzeugt, die das Steuereinrichtung (51) einzugebende Meßverfahren betreffen, wobei die Meßverfahren-Befehleinrichtung (10) ferner ein Eingabesystem zum Festlegen der Meßbedingungen in dem Koordinatenmeßunterstützungssystem (21) umfaßt, wodurch das Meßverfahren programmierbar ist, ohne daß irgendein Verfahren zum tatsächlichen Vermessen eines Bezugswerkstücks erforderlich ist.
2. Koordinatenmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßverfahren-Befehleinrichtung (10) eine Formmuster-Ersetzungsfunktion, um die tatsächliche Form des Tastnehmers (45) und des Werkstücks (1) durch entsprechende vereinfachte Formmuster zu ersetzen, und eine selbsttätige Störungsüberprüfungsfunktion aufweist, um die Möglichkeit einer Störung zwischen dem Tastnehmer (45) und dem Werkstück (1) während der relativen Bewegung auf der Grundlage der ersetzenen, vereinfachten Formmuster zu ermitteln.
3. Koordinatenmeßvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Formmuster-Ersetzungsfunktion die Form des Tastnehmers (45) durch die Achse (8) des Tastnehmers ersetzt.
4. Koordinatenmeßvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Formmuster-Ersetzungsfunktion die Form des Werkstücks (1) durch einen parallelepipedförmigen Körper (9) ersetzt, dessen Oberflächenebenen parallel zu den dreidimensionalen Bezugskoordinatenachsen ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) sind.
5. Verfahren zur Erzeugung von Daten des Formmusters eines durch eine Koordinatenmeßvorrichtung zu vermessenden Werkstücks gekennzeichnet durch, eine Meßverfahren-Befehleinrichtung, um das Meßverfahren betreffende Befehle durch Erzeugung von Meßinformationen in Übereinstimmung mit den auf der Grundlage der gegebenen Konstruktionsdaten erzeugten Daten für das Formmuster abzugeben,
- Erzeugen von Formmustern in Meßebenen, indem mit einer Ausgangslinie mittels einer Verschiebungsbewegung der Drehung der Ausgangslinie überstrichen wird, und

Kombinieren der Formmuster in den Meßebenen derart, daß ein dreidimensionales Muster aufgebaut wird, wodurch Daten des Formmusters erzeugt werden, welches der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht.

6. Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines zu vermessenden Werkstücks nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinie eine gerade Linie oder eine gekrümmte Linie ist.

7. Verfahren zur Erzeugung von Daten des Formmusters eines zu vermessenden Werkstücks nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinie eine Kombination von wenigstens einer geraden Linie und wenigstens einer gekrümmten Linie ist.

8. Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines Werkstücks, welches mit einer Koordinatenmeßvorrichtung vermessen werden soll, gekennzeichnet durch eine Meßverfahren-Befehleinrichtung, um das Meßverfahren betreffende Befehle durch Erzeugung von Meßinformationen in Übereinstimmung mit dem auf Grundlage von gegebenen Konstruktionsdaten erzeugten Daten des Formmusters abzugeben,

Erzeugen und Anpassen von Grundmustern, wobei die Größe der Muster als Parameter verwendet wird,

Erzeugen von Formmustern in Meßebenen, indem definierte Werte für einen Teil oder alle Größenparameter gegeben werden, und  
Kombinieren der Formmuster in den Meßebenen, um dadurch Daten des Formmusters zu erzeugen, welche der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht.

9. Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines zu vermessenden Werkstücks nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinie eine gerade Linie und eine gekrümmte Linie ist.

10. Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines zu vermessenden Werkstücks nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangslinie eine Kombination von wenigstens einer geraden Linie und wenigstens einer gekrümmten Linie ist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Koordinatenmeßvorrichtung, die sich aus einem Hauptteil und einer Steuerung zusammensetzt, wobei der Hauptteil, auf dem das zu vermessende Werkstück anzurichten ist, und ein Tastnehmer dreidimensional relativ zueinander bewegbar sind, während die Steuereinrichtung den Hauptteil in Übereinstimmung mit einem vorbestimmten Ablauf antreibt, um die Form und die Größe des Werkstücks zu vermessen, wobei die Größe der relativen Bewegung zwischen dem Werkstück und dem Tastnehmer verwendet wird. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Erzeugen von Musterdaten, die die Form des zu vermessenden Werkstücks betreffen.

Fig. 10 zeigt eine typische Koordinatenmeßvorrichtung. Die Meßvorrichtung besteht hauptsächlich aus einem Hauptteil 31 und einer Steuereinrichtung 51. Der Hauptteil 31 umfaßt verschiedene Teile wie eine Basis 32, Stützpfeiler 34, 34 beidseitig der Basis 32, einen zwischen den Stützpfeilern 34, 34 erstreckenden Träger

35, einen X-Schlitten 36, der in X-Richtung längs des Trägers 35 verschiebbar ist, einen Z-Führungskasten 37, der einstellckig an dem X-Schlitten 36 angebracht ist, eine zur Verschiebungsbewegung in Z-Richtung von dem Z-Führungskasten geführte Spindel 38, einen auf der Basis 32 in Y-Richtung hin- und herbewegbaren Tisch 42 für ein Werkstück 1, eine Antriebseinrichtung für die Y-Richtung und eine unter dem Werkstücktisch 42 angeordnete Verschiebungserfassungseinrichtung für die Y-Richtung, Seitenplatten 33, 33 und Balgen 46, um die Antriebseinrichtung für die Y-Richtung und die Verschiebungserfassungseinrichtung für die Y-Richtung gegen Staub und andere Verschmutzungen abzuschirmen, und einen Berührungssignalfühler 44, der am unteren Ende der Spindel 38 angebracht und mit einem Taster 45 versehen ist. Mit dem Bezugszeichen 47 ist ein Fühlerhalterrahmen bezeichnet, der eine Vielzahl von Arten von Berührungssignalfühlern 44 halten kann. Obgleich nicht dargestellt, ist ein automatischer Fühlerwechsler vorgesehen, um automatisch den Berührungssignalfühler 44 an der Spindel 38 auszutauschen.

Die Steuereinrichtung 51 wird hauptsächlich von einer Steuereinheit 52, einer Konsole 53, die verschiedene Einstell- und Befehlsoperationen erlaubt, und einem Ausgabesystem 54 gebildet, welches mit einer Schreibmaschine bzw. einem Drucker und/oder einer Kathodenstrahlröhre zur Ausgabe des Meßergebnisses versehen ist. Die Steuereinheit 52 speichert vorbestimmte Meßprogramme, die Verfahrensweisen liefern, um die Form und die Größe eines Werkstücks 1 auf dem Werkstücktisch 42 zu bestimmen; indem die Beziehung zwischen dem Tastfühler 45 und dem Werkstück 1 verwendet wird, d. h. Stellungen oder Punkte, wo sie in gegenseitigem Eingriff stehen, die Anzahl der Punkte, wo ein Eingriff vorliegt und die relative Bewegungsgröße zwischen dem Werkstück 1 und dem Tastfühler 45.

Beim Betrieb wird das zu vermessende Werkstück 1 auf dem Werkstücktisch 42 festgelegt und ein vorbestimmtes Meßprogramm, welches der Art des zu vermessenden Werkstücks 1 entspricht, wird in der Steuereinheit 52 der Steuereinrichtung 51 eingestellt, wodurch die Vorrichtung für den automatischen Meßbetrieb bereitgemacht wird. Wenn mit dem automatischen Meßbetrieb begonnen worden ist, werden der Werkstücktisch 42, der X-Schlitten 36 und die Spindel 38 in einer vorbestimmten Weise angetrieben, so daß der Tastfühler 45 und das zu vermessende Werkstück 1 dreidimensional relativ zueinander bewegt werden. Während dieser relativen Bewegung werden die Tastfühler 45 und das zu vermessende Werkstück 1 miteinander in Eingriff gebracht. Da im vorliegenden Fall der Fühler 44 vom Typ eines Berührungsfühlers ist, soll der Ausdruck "in Eingriff bringen" nicht so verstanden werden, als daß ein unmittelbarer Eingriff miteinander vorliegt. Wenn der Tastfühler 45 und das Werkstück 1 miteinander in Berührung gebracht werden, erzeugt der Fühler 44 ein Berührungssignal. Unter Verwendung solcher Berührungssignale, die an einer Vielzahl von Berührungspunkten zwischen dem Tastfühler 45 und dem Werkstück 1 erhalten werden, ist es möglich, die relative Bewegungsgröße zwischen dem Tastfühler 45 und dem Werkstück 1 zu bestimmen, und daher genau die Form, Größe und andere Parameter des Werkstücks 1 mittels des Meßprogramms zu bestimmen.

Die Grundkonstruktion und das Arbeitsprinzip sind auch in den Fällen die gleichen, wo der Hauptteil 31 dahingehend abgewandelt ist, daß der Werkstücktisch 42 feststeht, statt bewegen zu werden, und w

fühler 45 ein optischer Fühler ist, der das Werkstück erkennen kann, ohne daß mit diesem eine direkte Berührung hergestellt wird.

Die beschriebene Koordinatenmeßvorrichtung weist jedoch die folgenden Schwierigkeiten auf:

Um mit dieser Koordinatenmeßvorrichtung einen schnellen und genauen, automatischen Meßbetrieb erreichen zu können ist es wesentlich, daß das Meßverfahren, welches der Art des Werkstücks 1 entspricht, programmiert und gespeichert ist. Das Programmieren des Meßverfahrens wurde typischerweise nach dem Lehr- oder Wiederholungsverfahren durchgeführt. Beispielsweise umfaßt ein solches Programmierverfahren die Schritte ein Bezugswerkstück herzustellen, welches ein genau fertiggestelltes Modell des zu vermessenden Werkstücks 1 ist, das Bezugswerkstück auf dem Werkstücktisch festzulegen, den Hauptteil 31 von Hand oder automatisch zu betreiben, um das Bezugswerkstück und den Tastfühler 45 relativ zueinander zu bewegen, damit sie miteinander in Eingriff gelangen können, damit der Meßvorgang durchgeführt wird, und die Daten wie die relative Bewegungsgröße, die Lagen und die Anzahl der Eingriffspunkte usw. zu lesen und zu speichern, wodurch das Programm unter Verwendung solcher numerischer Daten gebildet wird. Somit verlangt die Programmierung des Meßverfahrens im wesentlichen das Vorbereiten des Bezugswerkstücks, was zum Ergebnis hat, daß viel Zeit und Geld in unwirtschaftlicher Weise ausgegeben werden, insbesondere wenn eine Vielzahl von Bezugswerkstücken hergestellt werden muß, um der Meßanforderung einer Vielzahl von Arten von Werkstücken nachzukommen. Es ist offensichtlich, daß die Notwendigkeit der Herstellung solcher Bezugswerkstücke stark den Meßwirkungsgrad beeinträchtigt.

In den letzten Jahren sind Systeme wie CAD (rechnerunterstützte Konstruktion) und CAM (rechnerunterstützte Herstellung) zur Automatisierung von Konstruktions- und Herstellungsvorgängen mit Hilfe von Computern geläufig geworden. Solche computergestützten Systeme wurden jedoch aufgrund verschiedener Einschränkungen vom Standpunkt des Benutzers her für das Meßverfahren und die Überprüfung von Erzeugnissen ausgeschlossen. Somit konnten für die Konstruktion und Herstellung zur Verfügung stehende, numerische Daten nicht zum Vermessen und Überprüfen von Erzeugnissen verwendet werden. Dies begrenzt in unerwünschter Weise den Herstellungswirkungsgrad unter Einschluß von Konstruktion, Herstellung und Überprüfung. Ferner kann die Koordinatenmeßvorrichtung in Abhängigkeit von der Art des zu vermessenden Werkstücks versagen, wirkungsvoll zu funktionieren.

Wie vorstehend erläutert wurde, ist das Programmieren des Meßverfahrens für jede Art eines zu vermessenden Werkstücks durchgeführt worden, wobei ein Bezugswerkstück verwendet wurde. Der Vorgang zum Sammeln numerischer Daten neigt jedoch dazu, sich in Abhängigkeit von der Person zu ändern, die die Meßvorrichtung antreibt, was zum Ergebnis hat, daß die Genauigkeit und der Wirkungsgrad beeinträchtigt werden. Ferner ist die Programmierung für jede Art von zu vermessendem Werkstück erforderlich, selbst wenn der Unterschied in der Form und Größe zwischen unterschiedlichen Arten von Werkstücken gering ist.

Demgemäß besteht eine Zielsetzung der Erfindung darin, eine Koordinatenmeßvorrichtung zu schaffen, die eine Meßverfahren-Befehlseinrichtung aufweist, mit der schnell und genau das Meßprogramm durch die Erzeugung von Daten des Formmusters gebildet werden

kann, die der Form des zu vermessenden Werkstücks entsprechen, ohne daß die Herstellung eines Bezugs werkstücks erforderlich ist, sowie ein Verfahren zur Erzeugung von Daten des Formmusters des zu vermessenden Werkstücks anzugeben.

Ausgehend von der Erkenntnis, daß die beim Stand der Technik auftretenden Schwierigkeiten alle der Tatsache zuzuordnen sind, daß sich die Herstellung des Meßprogramms auf ein Bezugswerkstück stützt, zielt die Erfindung darauf ab, es zu ermöglichen, das Programm des Meßverfahrens für jede Art eines Werkstücks zu bilden, selbst bevor eine Werkstückprobe tatsächlich hergestellt worden ist und ohne die Notwendigkeit der Herstellung eines Bezugswerkstücks.

Deshalb wird gemäß einem Gedanken der Erfindung eine Koordinatenmeßvorrichtung geschaffen, die einen Hauptteil der eine dreidimensionale relative Bewegung zwischen einem zu vermessenden Werkstück und einem Fühler durchführt, und eine Steuereinrichtung aufweist, die den Hauptteil gemäß einem vorbestimmten Verfahren antreiben und die Form und Größe des Werkstücks ver messen kann, indem die relative Bewegungsgröße zwischen dem Werkstück und dem Fühler verwendet wird, wobei die Koordinatenmeßvorrichtung umfaßt: Eine Meßverfahren-Befehlseinrichtung, die ein Koordinatenmeß-Unterstützungssystem aufweist, welches aus einem CAD-Teil, der eine Musterverarbeitungsfunktion zur Erzeugung von Musterdaten, die der Form des Werkstücks entsprechen, durch Umwandlung von gegebenen Konstruktionsdaten besitzt, und einem Meßteil besteht, der auf der Grundlage der Daten des Formmusters, die von dem CAD-Teil erzeugt worden sind, und unter Berücksichtigung der Meßbedingungen Meßinformationen erzeugt, die das der Steuereinrichtung einzugebende Meßverfahren betreffen, wobei die Meßverfahren-Befehlseinrichtung ferner ein Eingabesystem zum Festsetzen der Meßbedingungen in dem Koordinatenmeß-Unterstützungssystem aufweist, wodurch das Meßverfahren programmiert wird, ohne daß irgendein Verfahren erforderlich ist, um tatsächlich ein Bezugswerkstück zu vermessen.

Im Rahmen der Erfindung erzeugt somit die Musterverarbeitungsfunktion des CAD-Teils des Meßunterstützungssystems automatisch der Form des Werkstücks entsprechende Daten für das Formmuster, die automatisch erzeugt werden können, indem von dem CAD/CAM die als Konstruktionsdaten gespeicherten Musterdaten ausgelesen werden, während über das Eingabesystem Meßbedingungen eingegeben werden können, wie der Gegenstand der Meßberechnung, Lagen und die Anzahl von Meßpunkten usw. Gleichzeitig kann der Meßteil des Meßunterstützungssystems Informationen bezüglich der Meßbedingungen unter Einschluß des relativen Bewegungsweges zwischen dem Werkstück und dem Fühler erzeugen, indem die durch die Musterverarbeitungsfunktion des CAD-Teils erzeugten Daten für die Musterform verwendet werden. Deshalb kann eine Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung automatisch das Programm für das Meßverfahren allein auf der Grundlage der Meßdaten bilden, die von dem Meßunterstützungssystem abgeleitet worden sind, ohne daß irgendein Bezugswerkstück oder gar tatsächliche Arbeit erforderlich sind.

Die Erfindung schafft auch ein Verfahren zum Erzeugen von Daten eines Formmusters eines mit einer Koordinatenmeßvorrichtung zu vermessenden Werkstücks aufgrund der Erkenntnis, daß ein Hauptpunkt für die Wirksamkeit der Meßverfahren-Befehlseinrichtung

darin besteht, Daten eines Formmusters zu erzeugen, die der Form des zu vermessenden Werkstücks entsprechen.

Somit wird gemäß einem anderen Gedanken der Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines mit einer Koordinatenmeßvorrichtung zu vermessenden Werkstücks angegeben, die eine Meßverfahren-Befehlseinrichtung aufweist, um das Meßverfahren betreffende Befehle durch Erzeugung von Meßinformationen in Übereinstimmung mit den Daten des Formmusters abzugeben, die auf der Grundlage von gegebenen Konstruktionsdaten gebildet werden, wobei das Verfahren umfaßt:

Erzeugen von Formmustern in einer Meßebene, indem mit einer Ausgangslinie durch eine Verschiebungsbewegung oder eine Drehung der Grundlinie überstrichen wird, und Kombinieren der Formmuster in den Meßebenen, so daß ein dreidimensionales Muster aufgebaut wird, wodurch Daten des Formmusters erzeugt werden,

20 die der Form des zu vermessenden Werkstücks entsprechen.

Gemäß einem anderen Gedanken der Erfindung wird ein Verfahren zur Erzeugung von Daten eines Formmusters eines mit einer Koordinatenmeßvorrichtung zu vermessenden Werkstücks angegeben, die eine Meßverfahren-Befehlseinrichtung aufweist, um das Meßverfahren betreffende Befehle durch Erzeugung von Meßinformationen in Übereinstimmung mit den Daten eines Formmusters abzugeben, welches auf der Grundlage von gegebenen Konstruktionsdaten gebildet ist, wobei das Verfahren umfaßt: Erzeugung und Ausrichtung von Grundmustern, indem die Größen der Muster als Parameter verwendet werden, Erzeugung von Formmustern in Meßebenen, indem bestimmte Werte einem Teil oder allen Größenparametern gegeben werden, und Kombinieren der Meßebene-Formmuster, wodurch Daten für ein Formmuster erzeugt werden, das der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht.

Somit wird im Rahmen der Erfindung bei der ersten Ausgestaltung des Verfahrens mit einer Ausgangslinie, wie einer geraden Linie oder einer gekrümmten Linie überstrichen, d. h. verschiebungsmäßig oder drehmäßig bewegt, damit Muster unterschiedlicher Formen in Meßebenen erzeugt werden, und die derart in den Meßebenen erzeugten Formmuster werden in geeigneter Weise zusammengesetzt, um ein dreidimensionales Muster zu bilden, wodurch Daten eines Formmusters erzeugt werden, welches genau mit der Form des Werkstücks übereinstimmt, welches hergestellt und vermesssen werden soll.

Bei der zweiten Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung wird eine Vielzahl von typischen Grundmustern vorhergehend erzeugt und angepaßt. Die Anpassung der Muster wird unter Verwendung der Mustergrößen als Parameter vorgenommen. Deshalb ist es durch geeignete Auswahl der numerischen Werte der Größen als Musterparameter möglich, die Grundmuster wunschgemäß zu vergrößern oder zu verkleinern, so daß verschiedene erwünschte Formmuster in den Meßebenen erhalten werden. Die derart für die Meßebenen erhaltenen Formmuster werden in geeigneter Weise zusammengesetzt, um ein dreidimensionales Muster aufzubauen, wodurch die Daten für das Formmuster erzeugt werden, welches genau mit der Form des Werkstücks übereinstimmt, welches hergestellt und vermesssen werden soll.

Der Erfindungsgegenstand wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die

Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Gesamtheit einer Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische, perspektivische Darstellung eines Eingabesystems, welches einen Teil der Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung bildet;

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine Eingabetafel des Eingabesystems.

Fig. 4A bis 4D Darstellungen von Formmustern, die von einem CAD-Teil der Koordinatenmeßvorrichtung erzeugt worden sind,

Fig. 5A und 5B Darstellungen von Beispielen des Verfahrens zur Erzeugung von Formmustern durch den CAD-Teil,

Fig. 6 eine perspektivische Darstellung eines Formmusters, welches durch ein Zusammensetzenverfahren des CAD-Teils erzeugt wurde,

Fig. 7A und 7B Darstellungen von Verfahren zum Erzeugen von Formmustern durch eine Parameterfunktion des CAD-Teils,

Fig. 8A und 8B perspektivische Darstellungen eines Tastnehmers und eines zu vermessenden Werkstücks,

Fig. 9A und 9B Darstellungen des Tastnehmers und des Werkstücks, die den in den Fig. 8A und 8B gezeigten entsprechen, nach der Ersatzung, und

Fig. 10 eine perspektivische Darstellung einer bekannten Koordinatenmeßvorrichtung.

Es wird zunächst auf die Fig. 1 Bezug genommen. Eine allgemein mit 30 bezeichnete Ausführungsform einer Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung weist einen Hauptteil 31, eine Steuereinrichtung 51 und eine Meßverfahren-Befehleinrichtung 10 auf. Die Koordinatenmeßvorrichtung ist auch mit zusätzlichen Einrichtungen als Maßnahme zur Eingabe von Konstruktionsdaten in die Meßverfahren-Befehleinrichtung 10 versehen. Die Grundkonstruktion des Hauptteils 31 und der Steuereinrichtung 51 sind materiell die gleichen wie bei der herkömmlichen Vorrichtung, die vorhergehend im Zusammenhang mit der Fig. 10 beschrieben worden ist, so daß die gleichen Teile mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 10 bezeichnet werden sind, wobei eine ins Einzelne gehende Beschreibung abgekürzt oder unterlassen wird.

Die Meßverfahren-Befehleinrichtung 10, die ein besonderes und wesentliches Merkmal der Erfindung bildet, kann Meßinformationen erzeugen und ausgeben, nämlich Daten, die der Steuereinrichtung ermöglichen, das Meßverfahrensprogramm auszuarbeiten, ohne daß eine tatsächliche Vermessung eines Bezugswerkstücks erforderlich ist. Die Meßverfahren-Befehleinrichtung besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, nämlich einem Eingabesystem 11 und einem Meßunterstützungssystem 21.

Das Meßunterstützungssystem 21 ist aus einem CAD-Teil 22 und einem Meßteil 24 zusammengesetzt, die miteinander integral und in organischer Weise als Hauptverarbeitungssystem vereint sind, sowie verschiedenen Datenbasen 26, 27, 28 und einem Postprocessor 29, der mit der Steuereinrichtung 51 verbunden ist.

Der CAD-Teil 22 besitzt eine Musterverarbeitungsfunktion, die Daten für ein Formmuster, welches der Form des zu vermessenden Werkstücks 1 entspricht, durch Umwandlung von Konstruktionsdaten erzeugt. Somit kann ein Formmuster, welches mit der Form des zu vermessenden Werkstücks übereinstimmt, erhalten werden, ohne daß die Herstellung eines Bezugswerkstücks erforderlich ist, welches eine wesentliche Anforderung bei der bekannten Koordinatenmeßvorrichtung

für den Zweck der Ausarbeitung des Meßverfahrensprogramms ist. Der CAD-Teil 22 kann unabhängig von dem Meßteil 24 arbeiten, der später beschrieben wird. Somit kann der CAD-Teil 22 eine Meßdatenbasis erzeugen. Praktisch gesehen umfaßt die Musterverarbeitungsfunktion des CAD-Teils 22 verschiedene Funktionen, wie die Funktion zur Erzeugung eines dreidimensionalen Formmusters, die Funktion zur Erzeugung eines ebenen Formmusters, die Funktion zur Erzeugung von parametrisierten Mustern, einer Unterfunktion zum Hinzufügen von Toleranzen usw.

Die Funktion zum Erzeugen eines ebenen Musters dient dazu, ein ebenes Formmuster zu erzeugen, welches einer Grundmeßebene entspricht, indem ein Überstreichen mit einer Ausgangslinie, welche gerade oder gekrümmt sein kann, durchgeführt wird. Beispielsweise wird das Überstreichen durchgeführt, indem eine Ausgangslinie oder Grundlinie 80 gemäß Fig. 5A verschoben oder gemäß Fig. 8B gedreht wird. Die in den Fig. 5A und 5B dargestellten Muster dienen nur der Erläuterung und verschiedene zwei- und dreidimensionale ebene Muster, wie sie in den Fig. 4A bis 4D gezeigt sind, können durch die Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster erzeugt werden. Obgleich dies in den Zeichnungen nicht dargestellt ist, umfaßt die Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster auch eine Verbindungsfunction, die ein ebenes Formmuster durch Verbindung einer Vielzahl von Punkten oder Linien erzeugt. Somit werden die Funktion vom Überstreichungstyp und die Funktion vom Verbindungstyp wahlweise oder in Kombination verwendet.

Die Erzeugungsfunktion für dreidimensionale Formmuster dient dazu, ein zu vermessendem Werkstück entsprechendes, dreidimensionales Formmuster zu erzeugen, indem z. B. in geeigneter Weise ebene Formmuster kombiniert werden, die von der Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster erzeugt werden. Beispielsweise kann die Erzeugungsfunktion für dreidimensionale Formmuster Muster bilden, die durch Kombination einer Parallelepipedform 2 und der Zylinderform 3 besteht, welche ein parallelepipedförmiges Werkstück 2 mit einer zylindrischen Bohrung 3 mit einem Durchmesser D nachbildet, wie es in Fig. 6 gezeigt ist.

Das tatsächliche, zu vermessende Werkstück umfaßt im allgemeinen insgesamt oder teilweise verschiedene Abschnitte gleicher Formen, obwohl die Größenabschätzungen solcher Abschnitte unterschiedlich sein können. Die parametrisierte Mustererzeugungsfunktion soll den Programmierungsvorgang beschleunigen, indem solche Ähnlichkeiten zwischen unterschiedlichen Abschnitten des Werkstücks verwendet werden. Gemäß dieser Funktion ist eine Vielzahl von Grundmustern (parametrisierten Mustern) aufgezeichnet, wobei ihre Größen als Parameter verwendet werden, und die Werte solcher Parameter werden in geeigneter Weise ausgewählt, damit ähnliche Muster unterschiedlicher Größen erzeugt werden können. Beispielsweise kann der parallelepipedförmige Körper 2, der in Fig. 7A gezeigt ist, dadurch erzeugt werden, daß ein rechteckförmiges Grundmuster mit einer Breite b und einer Höhe a angepaßt und dann die Länge c bestimmt wird. In ähnlicher Weise wird ein zylindrischer Körper 3, wie es in Fig. 7B gezeigt ist, erzeugt, indem ein kreisförmiges oder scheibenförmiges Grundmuster an einen vorbestimmten Durchmesser angepaßt und dann der Parameter z bestimmt wird, d. h. die Höhe. Diese Funktion kann auch bei einem künstlichen Muster angewendet werden, welches

aus einer Vielzahl von Grundmustern zusammengesetzt ist. Die meisten Grundmuster können durch die Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster erzeugt werden.

Die Funktion zum Hinzufügen einer Toleranz soll dem folgenden Zweck dienen. Obgleich irgendein erwünschtes, geometrisches Muster durch geeignete Verwendung verschiedener vorstehend beschriebener Funktionen gebildet werden kann, mag ein solches geometrisches Muster versagen, genau mit der Form des tatsächlichen, zu vermessenden Werkstücks übereinstimmen. Bei einer solchen Form wird das derart gebildete, geometrische Muster durch einfache Einführung von Abmessungs- oder Winkeltoleranzen, die für die Form des Werkstücks 1 zutreffen, oder geometrische Toleranzen abgewandelt, wie sie in der japanischen Industrienorm (JIS) festgelegt sind. Dieses Einführen von Toleranzen wird durch die Funktion zum Hinzufügen von Toleranzen durchgeführt. Somit kann ein durch die beschriebenen Funktionen erhaltenes Muster für alle Arten von Werkstücken verwendet werden, deren Form und Größe sich innerhalb gegebener Toleranzen ändern, so daß die Notwendigkeit zum Ausarbeiten des Meßprogramms für jedes solcher Werkstücke ausgeschlossen werden kann. Die Funktion zum Hinzufügen von Toleranzen ermöglicht auch Toleranzwerte wieder aufzufinden.

Der Meßteil 24 kann unabhängig von dem CAD-Teil 22 betrieben werden, steht mit letzterem jedoch in enger Beziehung. Genauer gesagt erzeugt der Meßteil 24 Meßdaten, die den relativen Bewegungsweg zwischen dem Tastfühler 45 und dem zu vermessenden Werkstück 1 einschließen, in Übereinstimmung mit den Meßbedingungen, die durch das Eingabesystem 11 eingegeben worden sind, wie z. B. der Zweck der Meßauswertung, die Positionen von Meßpunkten und die Anzahl von Meßpunkten, während auf Formmuster und Toleranzinformationen, die von dem CAD-Teil 22 in Übereinstimmung mit der Form des zu vermessenden Werkstücks erzeugt worden sind, Bezug genommen wird. Die von dem Meßteil 24 erzeugten Meßdaten werden nämlich über einen Postprozessor 29 an die Steuereinrichtung 51 ausgegeben, damit die Steuereinrichtung 51 Meßdaten erzeugen kann, die Herstellung eines Meßverfahrensprogramms ausreichend sind, welches demjenigen gleichwertig ist, das mit der herkömmlichen Vorrichtung durch z. B. ein Wiederholungsverfahren unter Verwendung eines Bezugswerkstücks hergestellt wird.

Insbesondere weist der Meßteil 24, der bei dieser Vorrichtung eingegliedert ist, verschiedene Funktionen auf, wie eine Nachbildungsfunktion für die Fühlerbewegung, eine automatische Störungsüberprüfungsfunktion, eine Datenausgabefunktion, eine Funktion zur automatischen Anordnung von Meßpunkten und eine Meßmakrofunktion. Die Nachbildungsfunktion für die Tasterbewegung kann Daten, wie der Weg der relativen Bewegung an die Anzeigeeinrichtung 12, die Teil des Eingabesystems 11 ist, zur Sichtbetrachtung und zur Korrektur des Wegs über ein Tastenfeld 13, wenn dieses erwünscht ist, ausgeben. Der Zweck der automatischen Störungsüberprüfungsfunktion ist der folgende. Im allgemeinen wird eine große, sich 1000 nährende Anzahl von Meßpunkten verwendet. Zusätzlich weist das zu vermessende Werkstück 1 eine sehr komplizierte Form auf. Ferner ist es häufig erforderlich, den Berührungsgriff fühler 44 mit dem Taster 45 gegen einen anderen austauschen, der eine unterschiedliche Ausgestaltung aufweist. Aus diesen Gründen besteht für den Fühler 45 und das Werkstück 1 eine Gefahr dahingehend, daß eine

genseitige Störung während der tatsächlichen Messung auftritt, wie genau auch immer der Weg der relativen Bewegung bestimmt werden kann. Solche Störungen können zum Brechen des Tasters führen und stört jedenfalls den Meßvorgang. Diese Störung kann insbesondere dann auftreten, wenn die Grundvorschrift, die Geschwindigkeit und die Zeit der relativen Bewegung zwischen dem Werkstück 1 und dem Taster 45 zu minimieren, nicht beachtet wird, um einen hohen Meßwirkungsgrad zu erzielen. Bei dieser Ausführungsform ist deshalb die automatische Störungsüberprüfungsfunktion vorgesehen, bei der das dreidimensionale Muster (Formmuster), welches von dem CAD-Teil 12 erzeugt wurde und der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht, sowie die Form des Tasters durch ein vereinfachtes Formmuster ersetzt werden, und die Möglichkeit der Störung zwischen dem Taster 45 und dem Werkstück 1 auf der Grundlage des vereinfachten Formmusters errechnet wird. Diese Störungsüberprüfungsfunction wird mehr im einzelnen unter Bezugnahme auf die Fig. 8A, 8B und 9A, 9B beschrieben. Fig. 8A zeigt die Ausgestaltung eines tatsächlichen Fühlerzusammenbaus, der aus dem tatsächlichen Taster 45 und einer wirklichen Spindel 38 besteht, während die Fig. 8B die Ausgestaltung eines tatsächlich zu vermessenden Werkstücks 1 zeigt. Die Ausgestaltungen des Fühlerzusammenbaus und des Werkstücks, wie sie in der Fig. 8A bzw. 8B gezeigt sind, wird durch eine vereinfachte Ausgestaltung ersetzt, die mit 8 und 9 in den Fig. 9A und 9B bezeichnet ist. Die tatsächlichen, in den Fig. 8A und 8B gezeigten Ausgestaltungen weisen verschiedene konvexe und konkave Bereiche auf, und eine ungeeignet lange Zeit und viel Arbeit werden benötigt, wenn die Möglichkeit einer Störung überprüft wird, indem alle diese konvexen und konkaven Bereiche kopiert werden.

Beispielsweise wird die Form des tatsächlichen Tastnehlers 45 durch eine Linie 8 (vgl. Fig. 9A) angenähert, die die Achse des Tastnehlers 45 darstellt. Andererseits wird das zu vermessende Werkstück 1 durch einen doppelten, parallelepipedförmigen Körper 9 angenähert, dessen Hauptflächen parallel zu der X-, Y- und Z-Achse verlaufen. Man sieht, daß eine sichere, zuverlässige und schnelle Störungsüberprüfung möglich ist, wenn die vereinfachten Formen, die in den Fig. 9A und 9B gezeigt sind, statt der tatsächlichen Formen gemäß den Fig. 8A und 8B verwendet werden. Die zu ersetzen Formen können frei in Abhängigkeit von der Form des zu vermessenden Werkstücks 1 ausgewählt werden. Die Funktion zur automatischen Meßpunktanordnung wird verwendet, wenn eine große Menge an Meßpunkten vorliegt. Diese Funktion bestimmt automatisch die Positionen der Meßpunkte derart, daß der Tastnehler 45 und das zu vermessende Werkstück 1 miteinander an den Positionen in Eingriff gelangen, die die Form des zu vermessenden Werkstücks 1 mit einem hohen Genauigkeitsgrad zu erfassen ermöglichen. Wenn es beispielsweise erwünscht ist, den Durchmesser der Bohrung und die Lage ihrer Achse durch eine Dreipunktmessung zu bestimmen, bestimmt die Funktion zur automatischen Meßpunktanordnung drei Punkte mit einem Abstand von  $120^\circ$  auf dem Innenumfang der Bohrung. Die Datenausgabefunktion dient dazu, in geeigneter Weise, meistens in einer Zeitreihenweise, die erzeugten Meßdaten unabhängig oder in Gruppen auszugeben. Die Meßmakrofunktion dient dazu, das Meßverfahren der selben oder ähnlichen Formen als Makros aufzuzeichnen, die wiederholt verwendet werden können, um die Geschwindigkeit zur Bildung der Meßdaten zu erhöhen.

Diese Funktion ermöglicht auch Entscheidungsregeln aufzuzeichnen, wie ein Verfahren zum Bestimmen der Positionen und Anzahlen von Meßpunkten, die die Meßvorschrift oder eine besondere Norm des Benutzers sowie Know-How erfüllen.

Die CAD-Datenbasis 26, die Makrodatenbasis 27 und die Meßdatenbasis 28 werden verwendet, das Verfahren zu vereinfachen und zu beschleunigen sowie auch als Speicher zu arbeiten.

Das Eingabesystem 11 ist ein mit dem Hauptverarbeitungssystem interaktives System, welches integral den CAD-Teil 22 und den Meßteil 24 umfaßt, und wird verwendet, damit der Benutzer verschiedene Abmessungen und Werte auswählen, bestimmen und einstellen kann, damit die Teile 22 und 24 die erwarteten Aufgaben bzw. Funktionen erfüllen können, sowie das Arbeitsergebnis dieser Teile 22, 24 zu überprüfen. Wie in den Fig. 1 und 2 erkennbar, besitzt das Eingabesystem ein Tastenfeld 13, ein Eingabetafelfeld 16 und einen Eingabestift 17. Somit ermöglicht das Eingabesystem, daß der Benutzer den Gegenstand der Meßauswertung, die Positionen und die Anzahl der Meßpunkte usw. eingeben kann. Die Eingabe und andere Eingabefunktionen, die über das Eingabefeld 16 und den Eingabestift 17 zur Verfügung stehen, sind in Fig. 3 gezeigt.

Die Zusatzeinrichtung 60 umfaßt ein CAD-System 61, die Datenbasis 62 und einen Zusatzabschnitt 63, die verschiedene Aufgaben übernehmen können, welche allgemein das Konstruktionsverfahren und das Bearbeitungsverfahren betreffen. Bei der dargestellten Ausführungsform werden durch Zahlen und Symbole ausgedrückte Konstruktionsdaten, d. h. Daten, die nicht als konkrete Muster gegeben sind, unmittelbar über die Zusatzeinrichtung dem Koordinatenmeß-Unterstützungssystem 21 eingegeben. Eine ins Einzelne gehende Beschreibung im Zusammenhang mit der Zusatzeinrichtung 60 ist unterlassen, da diese nicht zu irgendeinem besonderen Teil des Meßverfahrens beiträgt und da sie von irgendeiner im Handel erhältlichen Einrichtung gebildet werden kann.

Die Arbeitsweise der Ausführungsform wird im folgenden beschrieben. Zur Vereinfachung der Darstellung konzentriert sich die folgende Beschreibung hauptsächlich auf strukturelle Faktoren, während auf die Zeit bezogene Faktoren weggelassen werden.

#### Einstellen

Das Einstellen ist über das Eingabesystem in der Meßverfahren-Befehleinrichtung 10 möglich. Der praktische Einstellvorgang wird über das Tastenfeld 13, die Eingabefeldplatte 16 und den Eingabestift 17 mit oder ohne Unterstützung der Anzeigeeinrichtung 12 durchgeführt.

##### (1) Einstellen der Meßstartbedingung

Wenn neue Meßdaten erzeugt werden sollen, wird ein Befehl eingegeben, um Zugang zu den entsprechenden Daten in der Meßdatenbasis 28 zu erlangen, wohingegen, wenn eine Ausgabeverarbeitung, wie z. B. eine Addition oder eine Hinzufügung erforderlich ist, wird ein Befehl eingegeben, um Zugang zu den vorliegenden Daten zu erlangen, welche ausgegeben werden sollen.

##### (2) Einstellen der Grundbedingung

Die für die Messung notwendigen Grundbedingun-

gen werden ausgewählt und eingestellt, wie die Information bezüglich des Typs und anderer Faktoren der Meßvorrichtung und des Tastnehmers, der Koordinateninformationen, der Informationen der Toleranzklasse usw.

##### 5 (3) Einstellen des Gegenstands der Meßauswertung

Die auf dem Werkstück zu vermessende Oberfläche wird bestimmt, sowie der Gegenstand der Meßauswertung. Beispiele des Gegenstandes sind:

- 15 (a) Position, Positionsunterschied
- (b) Abstand (projizierter Abstand, räumlicher Abstand)
- (c) Winkel (tatsächlicher Winkel, projizierter Winkel, Raumwinkel)
- (d) Prüfen der spezifischen Größen (Durchmesser, Konusöffnungswinkel)
- (e) Prüfen der geometrischen Abweichung (Abweichungsmaß von der Geradlinigkeit, der Flachheit usw.)
- (f) Überprüfen der Positionsabweichung (Abweichungsgrad von der Parallelität, der Rechtwinkligkeit usw.)
- 25 (g) Prüfen der Verformung (Umfangsverformung).

##### (4) Einstellen des Meßverfahrens

Die folgenden praktischen Größen werden eingestellt und bestimmt, um den Weg der relativen Bewegung zwischen dem Tastnehmer 45 und dem zu vermessenden Werkstück 1 zu bestimmen, die bei den vorhergehenden Schritten eingestellt worden sind.

- 35 (a) Einstellen der Anzahl der Meßpunkte
- (b) Einstellen des Meßbereiches

Das Einstellen des Meßbereiches wird durchgeführt, wenn außergewöhnliche Bereiche vorliegen, wie jene mit einem Wulst, einem Grat, einer Krone und einer Wölbung, die im Laufe der Verarbeitung aufgetreten sein können.

- (c) Festlegen und Bestimmen der Meßpositionen
- (d) Befehl zur Führung des Tastnehmers
- (e) Auswahl und Bestimmen der Störungsprüfunktion

##### (5) Ausgabe der Meßinformationen

###### (Bilden des Formmusters)

50 Konstruktionsdaten (Musterbild) werden von der Zusatzeinrichtung 60, die das CAD-System 61 umfaßt, durch Betätigung des Eingabesystems 11 eingegeben. Die eingegebenen Konstruktionsdaten werden in geeigneter Weise in Übereinstimmung mit der Eingabe mittels des Eingabesystems durch eine Musterverarbeitungsfunktion (Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster, Erzeugungsfunktion für Koordinatenformmuster, Erzeugungsfunktion für parametrisierte Muster und Funktion zur Toleranzhinzufügung) des CAD-Teils 22 umgewandelt, wodurch dreidimensionale Formmuster oder Koordinatenformmuster der Meßebenen, die der Form des Werkstücks 1 entsprechen, als Meßdatenbasis durch den CAD-Teil 22 erzeugt werden.

65 Es wird nämlich eine aufgezeichnete bzw. gespeicherte Ausgangslinie 80, die gerade, gekrümmt oder eine Kombination aus einer geraden Linie und einer gekrümmten Linie sein kann, verschoben, wie es Fig. 5A

zeigt oder gemäß Fig. 5B gedreht, damit Formmuster durch Überstreichen, wie es diese Figuren zeigen, s wie verschiedene Formmuster in Meßebenen durch die Erzeugungsfunktion für ebene Formmuster erzeugt werden, wie es die Fig. 4A bis 4D zeigen. Daraufhin wird eine Vielzahl von Formen in Meßebenen in geeigneter Weise ausgewählt und mittels der Erzeugungsfunktion für dreidimensionale Formmuster kombiniert, wodurch ein dreidimensionales Muster erzeugt und aufgebaut wird, welches der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht, daß z. B. eine Kombination aus einer Parallelepipedform 2 und einer zylindrischen Funktion 3 ist, wie es Fig. 6 zeigt. Somit ist es bei der dargestellten Ausführungsform möglich, die Formmusterdaten schnell und genau aufzubauen, die der Form des zu vermessenden Werkstücks entsprechen, indem elementare Formmuster in Meßebenen kombiniert und zusammengesetzt werden, die ohne weiteres durch Überstreichen mit einer einfachen Ausgangslinie 80 gebildet werden.

Wenn ein Teil (Meßebene) des oder das gesamte, zu vermessende Werkstück 1 eine Vielzahl von Bereichen derselben oder ähnlichen Form aufweist, deren Größen aber unterschiedlich sein können, ist es möglich, durch Verwendung der parametrisierten Mustererzeugungsfunktion ebene Formmuster oder dreidimensionale Formmuster wirkungsvoll zu bilden. Beispielsweise können verschiedene Formen erhalten werden, indem ein Parameter wie z. B. die Größe eines angepaßten Grundmusters (parametrisiertes Muster) eingestellt wird. Bei dem in Fig. 7A gezeigten Beispiel kann ein parallelepipedförmiger Körper 2 ( $a \times b \times c$ ) dadurch erzeugt werden, daß der Wert des Parameters  $c$  für ein Grundmuster eingestellt wird, welches ein Rechteck  $a \times b$  ist. Ähnlich kann ein zylindrischer Säulenkörper (oder eine Zylinderfläche) dadurch erzeugt werden, daß ein Parameter  $z$  bei einem Basismuster eingestellt wird, welches eine Scheibe 6 oder ein Ring ist, wie es Fig. 7B zeigt. Es ist auch möglich, ein kompliziertes dreidimensionales Muster zu erzeugen, wie es in Fig. 7C gezeigt ist, indem eine Vielzahl von Grundmustern, wie jene gemäß Fig. 7A und 7B kombiniert werden.

#### (Erzeugen der Meßinformation)

Die Meßinformation wird durch den Meßteil 24 in Übereinstimmung mit den Meßbedingungen erzeugt, die durch das Eingabesystem 11 unter Bezugnahme auf die Daten in den Datenbasen 26, 27 und 28 gebildet sind.

Genauer gesagt arbeitet der Meßteil 24 mit dem CAD-Teil 22 zusammen, um selbsttätig die Positionen der Meßpunkte innerhalb des Meßbereiches in Übereinstimmung mit den Einstellbedingungen zu bestimmen, wie die Grundbedingungen, der Gegenstand der Meßauswertung, die Anzahl der Meßpunkte, der Meßbereich usw., derart, daß die Meßpunkte der eingestellten Anzahl innerhalb des Meßbereiches zur Verfügung steht, wie es vorhergehend erläutert wurde. Zur gleichen Zeit bestimmt der Meßteil 24 den Weg der relativen Bewegung zwischen dem Tastfühler 45 und dem zu vermessenden Werkstück 1, d. h. das der Werkstückform entsprechende Muster. Dieser Weg wird im folgenden manchmal als "Tasterweg" bezeichnet. Die Bestimmung des Tasterwegs wird wirkungsvoll durchgeführt, in dem Zwischenwegegebenen, wie eine Anfangsebene, eine Zurückziehebene usw. verwendet werden. Es wird darauf hingewiesen, daß unterschiedliche Gegenstände der Meßauswertung unter einer teilweise

gemeinsamen Verwendung eines Tastfühlerweges berechnet werden können, so daß ein h her Wirkungsgrad bei dem Vorgang erreicht wird. Zur Bestimmung des Tastfühlerwegs ist es wirkungsvoll, eine Nachbildungsfunktion für die Tastfühlerbewegung zu verwenden, welche wiederum eine Animationsfunktion aufweist. Es ist auch möglich, durch Betrachten den Tastfühlerweg zu überprüfen, indem eine graphische Anzeigeeinrichtung 12 verwendet wird.

Der derart erhaltene Tastfühlerweg weist ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Ausführbarkeit auf, da die Möglichkeit einer Störung zwischen dem Tastfühler 45 und dem zu vermessenden Werkstück 1 durch die selbstdiagnoskopische Störungsprüfung längs des Tastfühlerwegs überprüft wird. Die selbstdiagnoskopische Prüfung kann die Möglichkeit einer Störung über den gesamten Tastfühlerweg auf einmal oder stufenweise für eine Vielzahl von aufeinanderfolgenden Abschnitten des Tastfühlerwegs überprüfen. Statische und dynamische Prüfoperationen sind ebenfalls durch Sichtprüfung und selbstdiagnoskopische Berechnung möglich, so daß die Möglichkeit einer Störung wirkungsvoll für jeden wesentlichen Abschnitt überprüft werden kann.

Genauer gesagt ist eine einfache und schnelle Überprüfung oder Überprüfungsberechnung des Tastfühlerwegs möglich, indem die Form des Tastnehlers und des Werkstücks vereinfacht werden, d. h. die Achse 8 des Tastnehlers 45 und die Kombination der parallelepipedförmigen Körper 9 gemäß den Fig. 9A und 9B ersetzen den Tastfühler unter Einschluß des Berührungssignalnehlers 45 und der Spindel 39 und das Werkstück 1, die in Fig. 8A und 8B gezeigt sind. Man erkennt, daß die Länge des Tastfühlerwegs minimiert wird und die Zuverlässigkeit des Tastfühlerwegs sichergestellt wird, indem die komplizierte, aus drei Zylinderabschnitten bestehende Konfiguration gemäß Fig. 8B durch einen parallelepipedförmigen Körper ersetzt wird, der die äußeren Umfangsflächen dieser drei zylindrischen Abschnitte berührt.

Die Meßverfahren-Befehleinrichtung 10 führt verschiedene Ausgabeauffbereitungsoperationen durch, wie Abänderungen, Herausnahmen, Einfügungen usw., indem die Zeitreihenverarbeitung der Meßdaten verwendet wird, damit eine praktisch anwendbare Meßinformation ausgearbeitet wird. Die derart erhaltenen Meßdaten werden durch die CAD-Datenbasis 26 in Befehle in der Form von Signalen umgewandelt, die geeignet in der Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfahrung gehandhabt werden können, und diese Befehle werden der Steuereinrichtung 51 zugeführt. In einem solchen Fall ist es möglich, der Meßvorrichtung während des Meßvorgangs Befehle zuzuführen, ohne daß es notwendig ist, das Meßverfahrenprogramm in der Steuereinheit 52 zu speichern.

Man erkennt aus der vorstehenden Beschreibung der erläuterten Ausführungsform einer Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfahrung, daß diese ermöglicht in Übereinstimmung mit dem Meßverfahren, dem durch die Meßverfahren-Befehleinrichtung 10 Befehle zugeführt werden, genau und schnell zu vermessen und zu überprüfen, ohne daß irgendein Bezugswerkstück oder ein tatsächlich zu vermessendes Werkstück 1 verwendet wird.

Somit ist die beschriebene Ausführungsform einer Koordinatenmeßvorrichtung mit einer Meßverfahrenslehreinrichtung 10 versehen, die für jed Art von Werkstück ein optimales Meßprogramm bzw. Meßverfahren ausarbeiten kann, ohne daß die Herstellung und Ver-

messung eines Bezugswerkstücks oder eines tatsächlichen Werkstücks erforderlich ist, so daß sich eine genaue und schnelle Durchführung der Vermessung und Überprüfung ergibt, womit die Nachteile und Einschränkungen ausgeschlossen werden, die beim Stand der Technik hervorgerufen werden, wie ein unnützer Aufwand an Zeit und menschlicher Arbeitskraft. Somit verbessert die Erfindung in hohem Maße den Produktionswirkungsgrad, insbesondere dort, wo verschiedene Arten von Erzeugnissen in geringer Anzahl hergestellt werden, und ermöglicht daß Koordinatenmeßvorrichtungen dieser Art auf einem breiteren Gebiet in der Industrie verwendet werden können.

Die Meßverfahren-Befehlseinrichtung 10 ist aus dem Eingabesystem 11 und dem Koordinaten-Meßunterstützungssystem 21 zusammengesetzt und ist so ausgelegt, in interaktiver Weise zu arbeiten mittels z. B. der Anzeigeeinrichtung 12, wodurch die Meßinformation sehr wirkungsvoll hergestellt werden kann. Zusätzlich können abstrakte Musterdaten von im Handel erhältlichen CAD-Systemen, die zum Erreichen eines hohen Wirkungsgrads beim Konstruieren und Verarbeiten von Mustern ausgelegt sind, unmittelbar als die Basisdaten bei dem Koordinatenmeßsystem nach der Erfindung verwendet werden. Durch Verwendung solcher Konstruktionsdaten ist es möglich, mit hoher Geschwindigkeit eine Reihe von Herstellungsoperationen, beginnend bei der Konstruktion und endend bei der Vermessung und Überprüfung, zu erreichen.

Das Koordinatenmeß-Unterstützungssystem 21, welches aus dem CAD-Teil 22 und dem Meßteil 24 zusammengesetzt ist, kann die Formmuster entsprechend der Form des zu vermessenden Werkstücks unmittelbar aus den Konstruktionsdaten aufgrund der Arbeitsweise des CAD-Teils 22 erzeugen. Zusätzlich wird, da der CAD-Teil 22 unabhängig von dem Meßteil 24 arbeiten kann, die Erzeugung von verschiedenen dreidimensionalen Formmustern durchgeführt, wenn immer dies erwünscht ist, wobei vorausgesetzt ist, daß die Konstruktionsdaten zur Verfügung stehen. Andererseits benutzt der Meßteil 24 wirkungsvoll und optimal die konkreten Muster, die von dem CAD-Teil 22 erzeugt worden sind, um verschiedene Operationen durchzuführen wie die Bestimmung der Positionen der Meßpunkte, die Bestimmung des Tastföhlerwegs und die Überprüfung der Möglichkeit einer Störung zwischen dem Werkstück und dem Tastföhler. Es ist deshalb möglich, die Messung sicher, zuverlässig und in kürzester Zeit durchzuführen, während ein hohes Maß an Meßgenauigkeit sichergestellt ist.

In dem CAD-Teil 22 können verschiedene Formmuster in Meßebenen erzeugt werden, indem mit einer Ausgangslinie 80 überstrichen wird oder Werte der Parameter bestimmt werden. Daten für ein Formmuster, welches der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht, können ohne weiteres und schnell dadurch erhalten werden, daß ein dreidimensionales Muster durch geeignete Kombination einer Vielzahl von Formmustern in Meßebenen erzeugt wird. Dies erhöht beträchtlich den Vorteil der Meßverfahren-Befehlseinrichtung, d. h. Befehle oder Lehranweisungen für die Meßinformationen, damit das Meßverfahren ohne Verwendung irgendeines Bezugswerkstücks oder eines tatsächlichen Werkstücks durchgeführt werden kann.

Der CAD-Teil 22 kann unabhängig von dem Meßteil 24 arbeiten und die Meßverfahren-Befehlseinrichtung 10 kann getrennt von der Steuereinrichtung 51 arbeiten. Die Erzeugung einer Vielzahl von Daten für Formmu-

stern ist selbst während eines tatsächlichen Meßvorgangs stets möglich, indem mit einer Ausgangslinie überstrichen oder Parameter von Grundmustern bestimmt werden und auch eine Vielzahl von Formmustern kombiniert wird.

- 5 Zusätzlich zu der Möglichkeit der Bestimmung des Tastföhlerwegs auf der Grundlage der Daten für das Formmuster, welches der Form des zu vermessenden Werkstücks entspricht, kann die Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung eine hohe Zuverlässigkeit des bestimmten Tastföhlerwegs sicherstellen, ohne daß die Gefahr einer Störung zwischen dem Tastföhler und dem zu vermessenden Werkstück besteht, und zwar dank der Musterersetzungsfunktion und der automatischen Störungsprüffunction in dem Meßteil 24. Dies wiederum ermöglicht, daß der Tastföhlerweg mit minimaler Weglänge bestimmt werden kann, wodurch somit ein hoher Arbeitswirkungsgrad zur Bestimmung des Tastföhlerwegs sichergestellt ist.
- 10 20 Die automatische Störungsprüffunction ermöglicht in Zusammenarbeit mit der Musterverarbeitungsfunktion des CAD-Teils 22, daß der kritischste Abschnitt der Meßinformation schnell abgeschlossen werden kann, so daß der Vorteil der Meßverfahren-Befehlseinrichtung erhöht wird, d. h. die Funktion Meßbefehle zu geben, damit daß Meßverfahren ohne die Notwendigkeit der Verwendung eines Bezugswerkstücks oder eines tatsächlichen Werkstücks programmiert werden kann.

Bei der beschriebenen Ausführungsform ist die Meßverfahren-Befehlseinrichtung unabhängig von der Steuereinrichtung 51 ausgebildet. Unter dem Blickwinkel jedoch, daß das was benötigt wird, darin besteht, eine Funktion zu schaffen, die die Herstellung des Meßverfahrensprogramms ohne die Notwendigkeit der Verwendung eines Bezugswerkstücks oder eines tatsächlichen Werkstücks ermöglicht, können die Meßverfahren-Befehlseinrichtung und die Steuereinrichtung 51 mit gemeinsamer Hardware ausgestaltet sein, obgleich die beschriebene Anordnung mit unabhängigen Ausgestaltungen der Meßverfahren-Befehlseinrichtung 10 und der Steuereinrichtung 51 den Vorteil ergibt, daß ein System leicht hergestellt werden kann, bei dem die Meßinformation für ein Werkstück erzeugt werden kann, während die Steuereinrichtung 51 einen tatsächlichen Meßvorgang an einem anderen Typ eines Werkstücks durchführt.

Es wird auch darauf hingewiesen, daß, obgleich bei der beschriebenen Ausführungsform der Hauptteil 31 mit einem bewegbaren Werkstücktisch 42 ausgestaltet ist, diese Ausgestaltung nur der Erläuterung dient und die Erfindung bei verschiedenen anderen Ausgestaltungsarten verkörpert sein kann, vorausgesetzt, daß eine dreidimensionale relative Bewegung des Tastföhlers 45 und des zu vermessenden Werkstücks 1 durchgeführt werden kann. Ferner kann der Tastföhler 45 von irgend einer Art eines mechanischen oder nichtmechanischen Fühlers sein, der das Werkstück 1 abtasten kann, d. h. ein optischer Fühler, dessen optische Achse zu dem Werkstück gerichtet werden kann, obgleich die beschriebene Ausführungsform einen mechanischen Fühler verwendet, der integral an dem Berührungssignalfühler 44 angebracht ist. Ferner ist die Verwendung eines Mehrzweck-CAD/CAM-Systems nicht erforderlich, da die wesentliche Anforderung darin besteht, daß die Meßverfahren-Befehlseinrichtung die notwendigen Konstruktionsdaten erhalten kann.

Die Ausgangslinie, die bei der Erzeugung der Daten für das Formmuster verwendet wird und die bei der

beschriebenen Ausführungen eine zusammenhängende Linie aus einem geraden Linienabschnitt und einem gekrümmten Linienabschnitt ist, kann aus zwei oder mehr Abschnitten zusammengesetzt sein, die nicht miteinander verbunden sind oder die als ein Paar angeordnet sind.

Die in den Zeichnungen dargestellten Grundmuster dienen nur der Erläuterung. Der Parameter des Grundmusters, der als die Länge einer Seite des parallelepipedförmigen Körpers dargestellt ist, kann der Wert anderer Faktoren, wie die Länge der Diagonale sein.

Das Ersetzen des Tastnehmers und des Werkstücks durch die Achse 8 bzw. den parallelepipedförmigen Körper 9 dient auch der Erläuterung und die Ersetzungsformen können in geeigneter Weise in Übereinstimmung mit verschiedenen Faktoren bestimmt werden, wie dem Tastnehmerweg und der Form des Tastnehmers, derart, daß eine Störung zwischen dem zu vermessenden Werkstück und dem Tastnehmer vermieden wird.

Aus der vorstehenden Beschreibung folgt, daß die Erfindung eine Koordinatenmeßvorrichtung angibt, die schnell und genau das Meßverfahren mittels Formmustern, die der Form des zu vermessenden Werkstücks entsprechen, programmieren kann, ohne daß irgendein Bezugswerkstück oder tatsächliches Werkstück vermessen werden muß. Ferner vermag die Koordinatenmeßvorrichtung nach der Erfindung sehr genau und schnell die Form und Größe eines solchen Werkstücks in Übereinstimmung mit dem programmierten Meßverfahren ausmessen.

Es ist offensichtlich, daß die Erfindung gemäß ihren anderen Gesichtspunkten ein neues und wirksames Verfahren zum Erzeugen von Daten von Formmustern schafft.

Die Verwendung des Ausdruckes Funktion umfaßt auch Einrichtungen, die diese Funktion erzeugen und/oder bereitstellen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

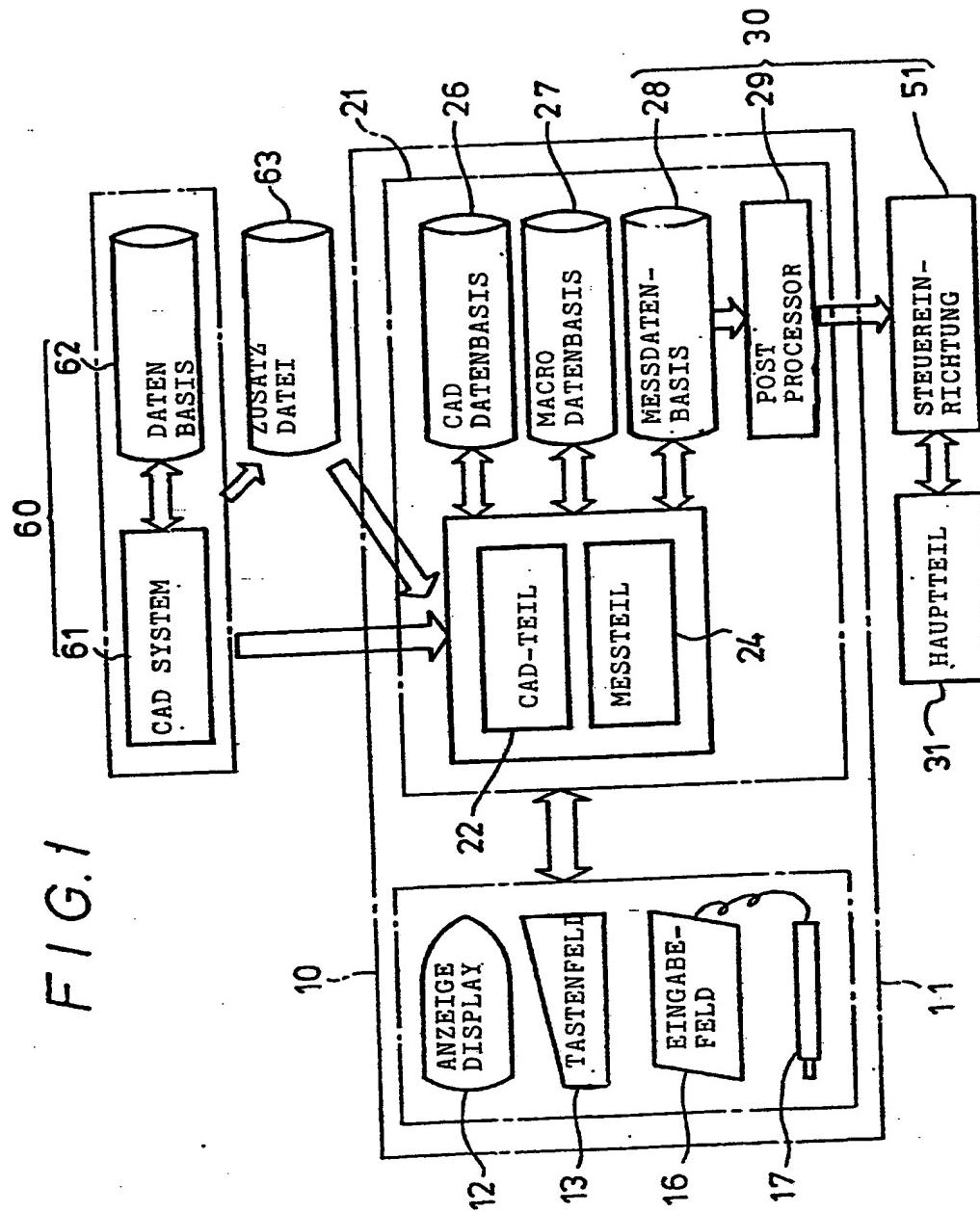
60

65

**- Leerseite -**

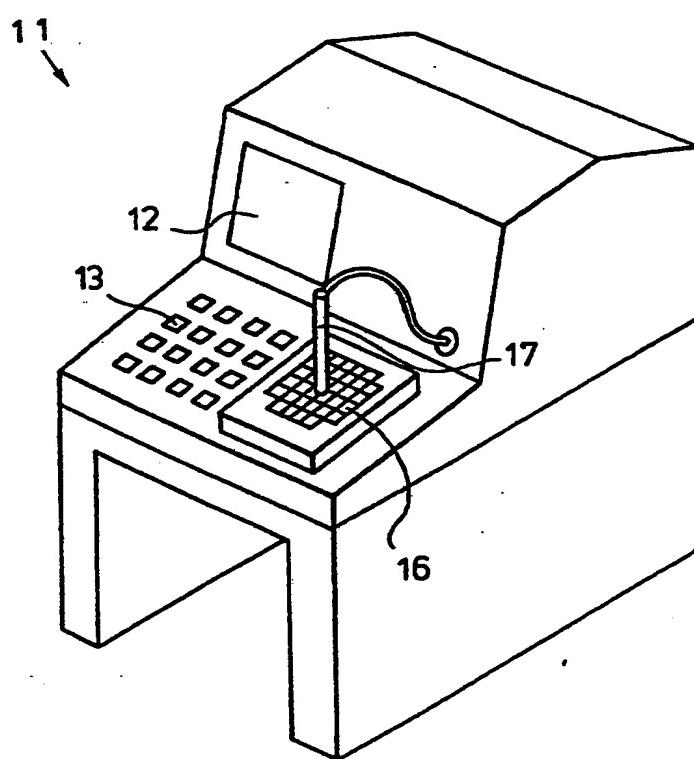
Fl. 1 231.141  
 38 05 600  
 Int. Cl. 4:  
 Anmeld. tag:  
 Offenlegungstag:  
 33

3805500



3805500

F I G. 2



# FIG. 3

CAD-TEILMENU

MESSTEIL MENU			
ERZEUGUNG/VERARBEITEN V. PARAMETERMUSTERN	ABFRAGE DER GEOMETR. DATEN	ERZEUGUNG/VERARBEITUNG V. TOLERANZEN	RESERVIERUNG
ERZEUGUNG EINER EBENE	VERARBEITEN EINER EBENE	BENENNEN UND KOMMENTIEREN	BENUTZER PROGRAMM
ERZEUGUNG/VERARBEITEN EINER LINIE	RESERVIERUNG	BEWEGEN / KOPIEREN EINES BILDES	DATENVERARBEITUNG
ERZEUGEN/VERARBEITEN EINES PUNKTES	CAD-TEIL DATENVERARBEITUNG	ENTFERNNEN EINES MUSTERS	MACRO-ERZEUGUNG
VERARBEITEN V. GRUPPENOPERATIONEN V. KOORDINATESYST.	BETÄTIGUNG DES ANZEIGESCHIRMES	UMSCHALTEN V. KOORDINATENSYSTEMEN	MICRO-ABFRAGE
LÖSCHEN	KORREKTUR	UNTERBRECHUNG	ÜBERPRÜFUNG
( STEUERTASTEN )		3805500	

22.02.88

35171 "55

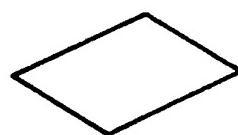
(ÖRTLICHE ANZEIGESTEUERUNG.)

Fig. : 36 : v. 36

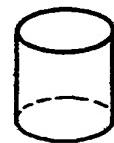
3805500

*F I G . 4*

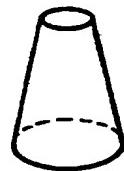
(A)



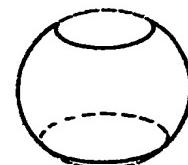
(B)



(C)

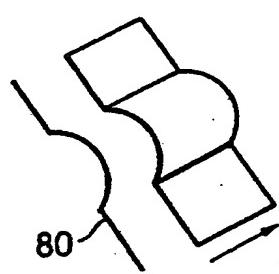


(D)



*F I G . 5*

(A)



(B)

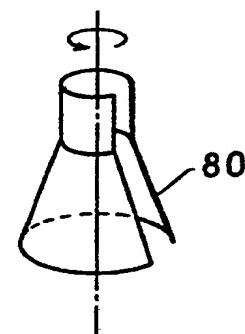
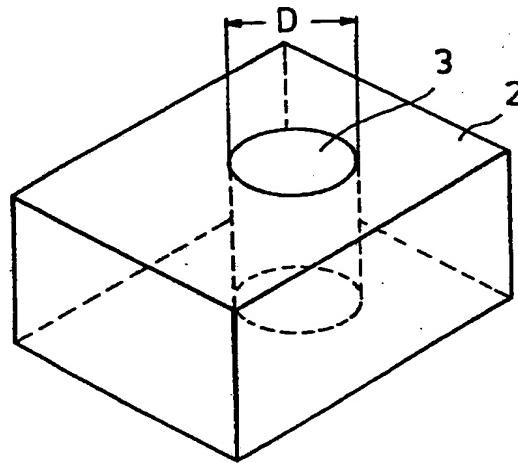


Fig.: 37 : 11 37

22.02.80

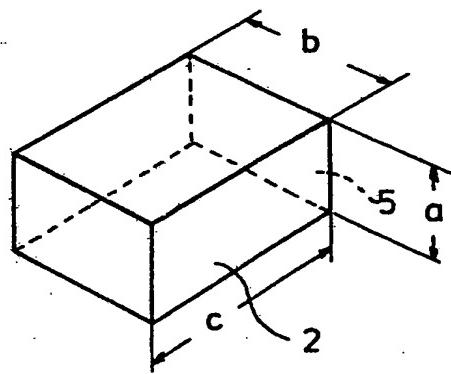
3805500

## FIG.6

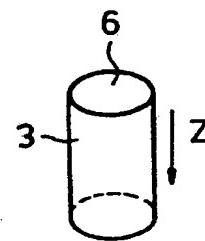


## FIG.7

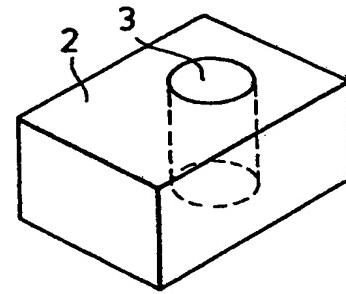
(A)



(B)



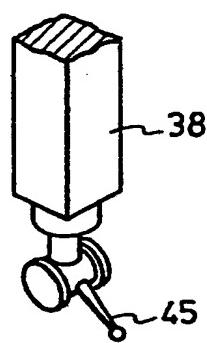
(C)



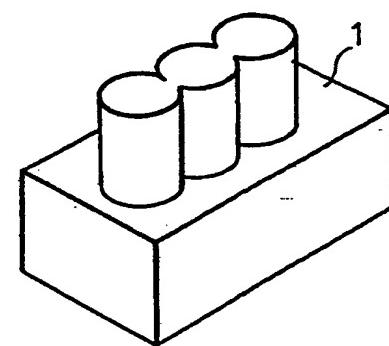
3805508

*F I G . 8*

(A)

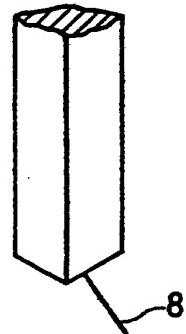


(B)



*F I G . 9*

(A)



(B)

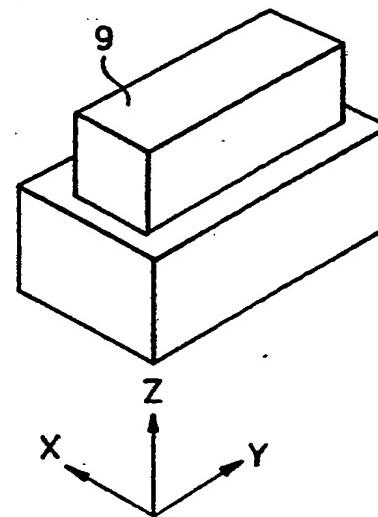


Fig. : 39 39

22.02.86

3805500

F I G. 10

